

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

佳作

080514

1021 世紀洪災

學校名稱：宜蘭縣蘇澳鎮蘇澳國民小學

作者： 小六 沈若恩 小六 李宜軒 小六 黃楠峰	指導老師： 陳雅萍 鐘文立
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：蘇澳大洪水、地形、雨量

摘要

本研究探討宜蘭縣蘇澳地區颱風或超大豪雨來臨時，地形對淹水程度的影響。結果顯示，蘇澳地區地形中心位置較低，一旦下雨，就會形成平地部分區域的淹水。蘇澳地區於 2010 年 10 月 21 日當天梅姬颱風帶來強大豪雨，造成土石流情況嚴重；水深最高達 400cm，研究範圍內 1/2 的區域淹水。廣泛而大規模的土石流及山崩，導致流水宣洩不良，減緩排水速度是帶來災害的第一個原因；單日的雨量逐年增加，驟雨情況發生的機率提高，顯示出極端氣候是第二個原因。加上東北季風和颱風所帶來的共伴效應，潮位對較高的 9.10 月，在滿潮時期加上足夠的雨量就會造成淹水。我們所製作的模型選用油土做出平地，用一般的土做出丘陵，模型縮小比例 1/5620(89/500000)是我們認為較準確的模型條件。

關鍵字：蘇澳大洪水、地形、雨量

壹、動機

2010 年 10 月 21 日，梅姬颱風雖未登陸蘇澳，但卻讓蘇澳造成「百年罕見大水災」的 1021 水災，很多不該淹水的地方都淹水了，造成蘇澳損失慘重。此次水災引起了一陣討論風波，有人說，這次水災淹出宜蘭的問題。在重受災區的我們，感受很五味雜陳，這也引發了我們想要了解這問題動機。

貳、研究目的

- 一、調查蘇澳的水災災情
- 二、調查蘇澳的地形
- 三、實查蘇澳發生的土石流和淹水地點
- 四、探究蘇澳發生淹水的原因
- 五、分析蘇澳淹水時的天氣狀況
- 六、製作蘇澳模型模擬降雨

參、研究設備與器材

電腦、數位相機、地圖、水、紙、筆、彩色筆、模型盆子、盤子、籃子、油土，一般的土、烘被機、雕刻刀、塑膠袋、塑膠手套、鏟子、尺、繩子、量杯、量筒、膠帶、海綿、小錐子、電子秤、澆水器、水平儀。

肆、研究過程與結果

一、調查蘇澳的水災災情

因為我們無法在當天就知道災情是如此慘重，所以水災過後我們藉由網路、同學或家人提供的照片為資料的來源，整理這些資料後，我們歸納出下面幾點：

1. 淹水災情以蘇澳市區和南方澳地區最為嚴重。
2. 蘇澳中山路、中原路、冷泉路地區的水深也在 2 到 3m 之間，導致許多民眾受困。
3. 南方澳緊臨海邊的南安國中據說淹水 3m；南方澳漁市場也淹了 80cm；去南方澳的路

上，也是遍山的土石流痕跡；本來綠油油的草地，也變成剩下裸露的泥土。

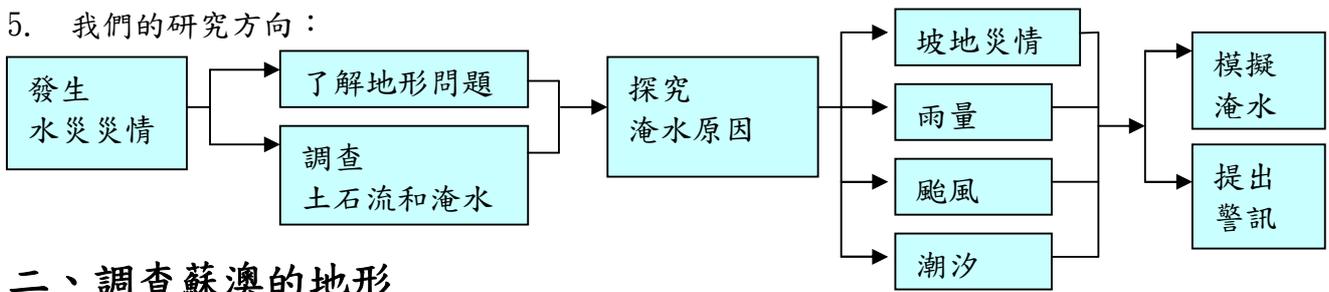
以下為災情圖片：

		
市區建生醫院搶救不及，全數泡湯的病患病歷表都挾帶著黃泥。(圖 1-1)	聖湖社區某超商附近的淹水情形，超商蓋在特別墊高的土地上。(圖 1-2)	加油站附近，堆滿等待救援的泡水車，夾著圾垃、傢俱和泥巴。(圖 1-3)
		
空拍中山路和蘇港路中間的平交道上淹水情形，可以看出後側的山崩塌的很嚴重。(圖 1-4)	靠近山邊的民宅與街道被土石掩埋的慘狀，在黃泥之中，還夾帶著許多樹枝土石。(圖 1-5)	南方澳漁港邊淹水的情形，遍地的黃水，讓很多的漁船漂來漂去。(圖 1-6)
		
有人空拍蘇澳海事令台淹水情形，司令台旁是操場，已經都淹掉了。(圖 1-7)	班上一位同學家附近土石流及泥水沖刷情形，地上都佈滿了石礫和黃土。(圖 1-8)	學校後山停車場中午開始淹水的情況，車子在淹水中被慌亂撤離至高處。(圖 1-9)

發現與討論

1. 所有的淹水地方，在淹水時，水都是黃的，在水退過後，地表遺留一片黃土，而且夾帶著石礫；在退水後，石礫和黃土殘留在每個被他們侵襲過的地方。由於各處的淹水都是夾雜著泥沙泥流和一些樹枝，所以我們都認為這些泥沙應該是從山上來的。
2. 有很多座山，出現了土石流的痕跡，有些還有山崩。
3. 靠近河流的地方，淹水相當嚴重。靠近海邊的地方，淹高的水把海陸相連，積水無法退入海中。
4. 我們發現蘇澳的淹水地段有一大部分都集中在市區，學校附近，我們經常在蘇澳市區活動，很少到其他地方，對其他地區不夠了解，所以我們三個人討論後決定要把研究水災的範圍設定在我們學校的學區內。

5. 我們的研究方向：



二、調查蘇澳的地形

1. 為了了解地形對這次水災的影響，我們想先研究蘇澳的地形，所以我們分工從蘇澳之美、蘇澳鎮公所網站和維基百科裡獲得相關的資料：

(一) 蘇澳的地理位置：位於台灣的東北部，居宜蘭縣內。



1. 蘇澳的形狀長的像海馬，北起龍德、頂寮、南至南澳。

2. 區域細分為：

(1) 聖湖、蘇澳市區：西南有畚箕湖山，位於七星嶺丘陵之南，為一谷地地形。是人口較稠密的地方，聖湖的人也很多。

(2) 龍德、頂寮：在蘇澳鎮北方，新城溪北岸。

(3) 新城、馬賽、岳明：在蘇澳鎮北方，新城溪南岸，南以七星嶺丘陵與蘇澳市區為界。

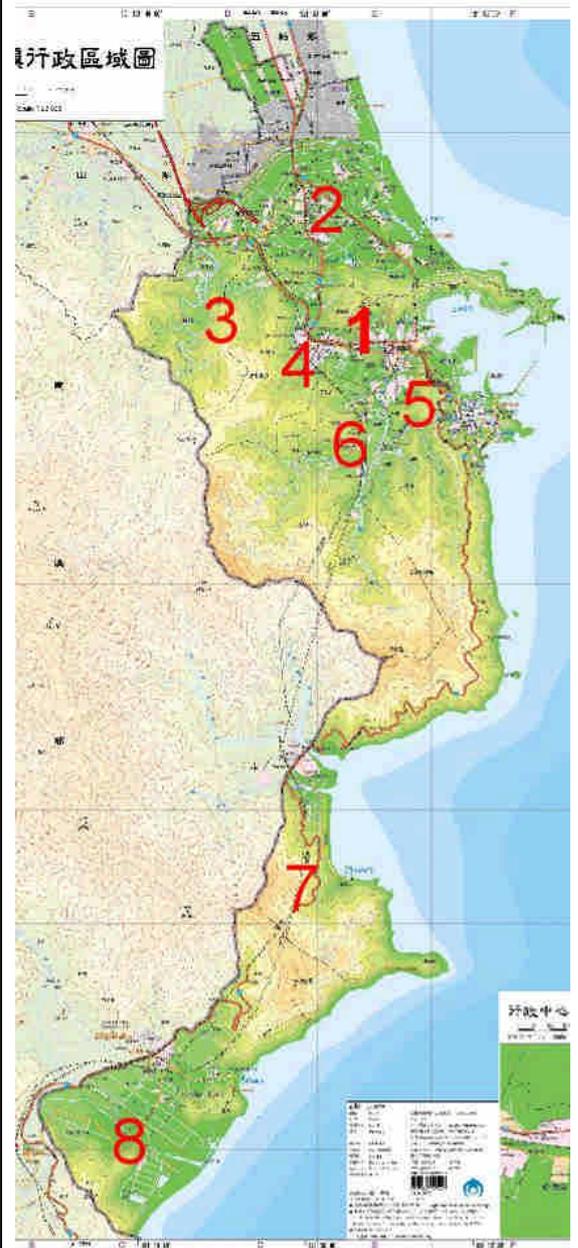
(4) 白米區：位於蘇澳市區之南，是一個谷地。

(5) 南方澳：位於蘇澳市區之東，是一個漁村。地理特色是「陸連島（連島沙洲）」，該島上有豆腐岬。

(6) 蘇澳港：在蘇澳的東北端，北邊為北方澳岬，南為南方澳，西為東澳嶺，形成三面環山，一面臨海的封閉區。

(7) 東澳：離蘇澳市區約 14 公里處，南方有烏石鼻，有一半島突出海岸。西邊靠山地的地方，是南澳鄉東岳村。

(8) 南澳：位於蘇澳鎮最南端。以蘇花公路與南澳鄉為界。靠近海岸，為南澳北溪與南澳南溪的出海口。

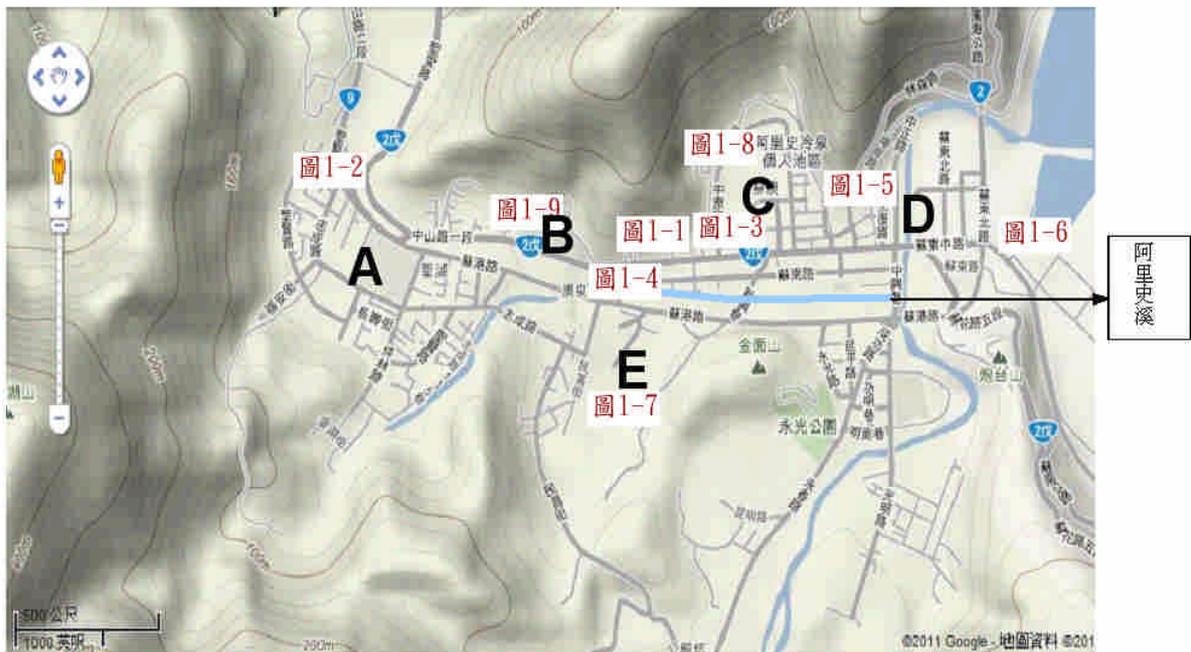


【圖 2】

2. 我們研究範圍的設定從聖湖的聖賢路到蘇北的白米溪沿岸，即為【圖 2】1 的部份。範圍內劃分成五區：A 區聖湖、B 區學校附近、C 區冷泉附近、D 區白米溪沿岸及 E

區蘇澳海事附近。

3. 研究範圍的地形狀況：我們從 google 地圖裡找到有標示高度的地形圖【圖 3】：



4. 在研究地圖時，竟找不到蘇澳海事對面的大河，我們問遍學校老師和家人鄰居，都得不到明確的答案，最後只好去鎮公所詢問專員，才找到相關資料與答案。原來河的名稱是阿里史溪，連接湧泉溪和百米溪的天然人工河，我們才知道原來蘇澳的河流是相連的，而白米溪的下游（蘇澳溪）向著蘇澳港的出口，是蘇澳本鎮唯一的出海口。



到蘇澳鎮公所詢問不知名的河流資料

叔叔好心的又告訴我們一些資訊

【圖 4】

發現與討論

1. 由【圖 3】顯示，蘇澳鎮夾在七星嶺和糞箕湖山兩大山中間，右邊是白米溪對著蘇澳港，左邊是聖湖，形成封閉的特殊地形。這樣的地形缺點是水一旦進來，就不容易出去。

位置	地形	高度
中	蘇澳市區	0~20m
東	白米溪沿岸	0~20m
南	糞箕湖山	60~460m
西	糞箕湖山	60~460m
西北	聖湖	0~40m
北	七星嶺	40~220m

蘇澳地形及高度表【表 1】

2. 我們曾在五年級的社會課裡學到臺灣自然環境的五大地形，蘇澳的地形包括了平原、山地、丘陵，蘇澳地形裡雖只有平原和丘陵，但剛好平原全部在中間，中間地勢較低完全受到丘陵、河流和海洋的影響。

三、實查蘇澳發生的土石流和淹水的地點

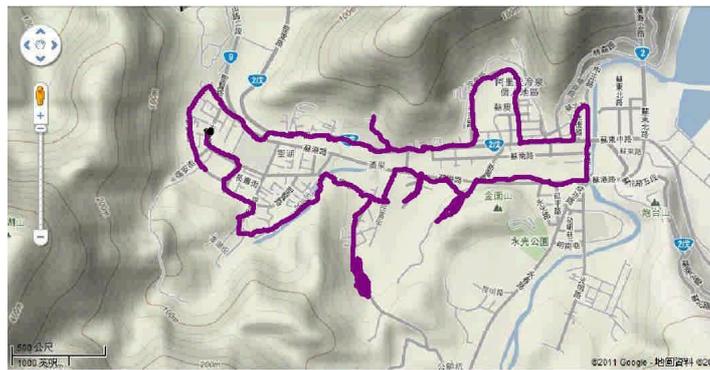
(一) 調查時水災發生時土石流的地點

1. 我們想了解蘇澳的土石流崩塌情形,所以我們實地觀察。



【圖 5-1】

2. 經過討論決定路線要從聖湖出發沿著山邊順時針一圈回到原點。紫色的線是我們的路線，黑點是終點。我們沿著路線尋找土石流和山崩的痕跡，每找到一個點就拍照紀錄。拍下的照片，分為 ABCDE 五區紀錄。



路線規劃【圖 5-2】

以下為拍攝到的土石流【圖 6】

A 聖湖：(編號 1, 2)



B 學校附近：(編號 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11)



			
學校菜園那裡	機車接送區附近	學校 7-11 對面	郵局對面
			
中興書局後			

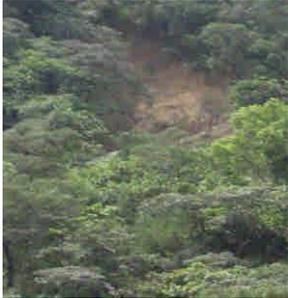
C 冷泉：(編號 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20)

			
警察局後面	加油站後面	冷泉住宅區【1】	冷泉住宅區【2】
			
冷泉住宅區【3】	白雲寺附近	白雲寺【1】	白雲寺【2】
			
白雲寺【3】			

D 白米溪附近：(編號 21. 22. 23. 24. 25. 26)

			
天主堂【1】	天主堂【2】	天主堂【3】	城隍廟
			
白米橋對面【1】	白米橋對面【2】		

E 蘇澳海事周圍：(編號 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37)

			
太平洋百貨旁小路	蘇澳海事操場周圍【1】	蘇澳海事操場周圍【2】	蘇澳海事操場周圍【3】
			
蘇澳海事操場周圍【4】	蘇澳海事操場周圍【5】	志成路城隍廟	蘇澳海事後面
			
民昌街路邊【1】	民昌街路邊【2】	民昌街路邊【3】	

發現與討論

1. 我們發現土石流的痕跡相當多，總計A區2處，B區9處，C區9處，D區6處，E區11處，共37處；土石流的數量E>C(B)>D>A；其中E區的土石流痕跡最多。

- 我們覺得土石流和山崩的規模最大的在冷泉的白雲寺，其次是白米溪附近和蘇澳海事的民昌街路邊，其他的土石流規模有大有小。

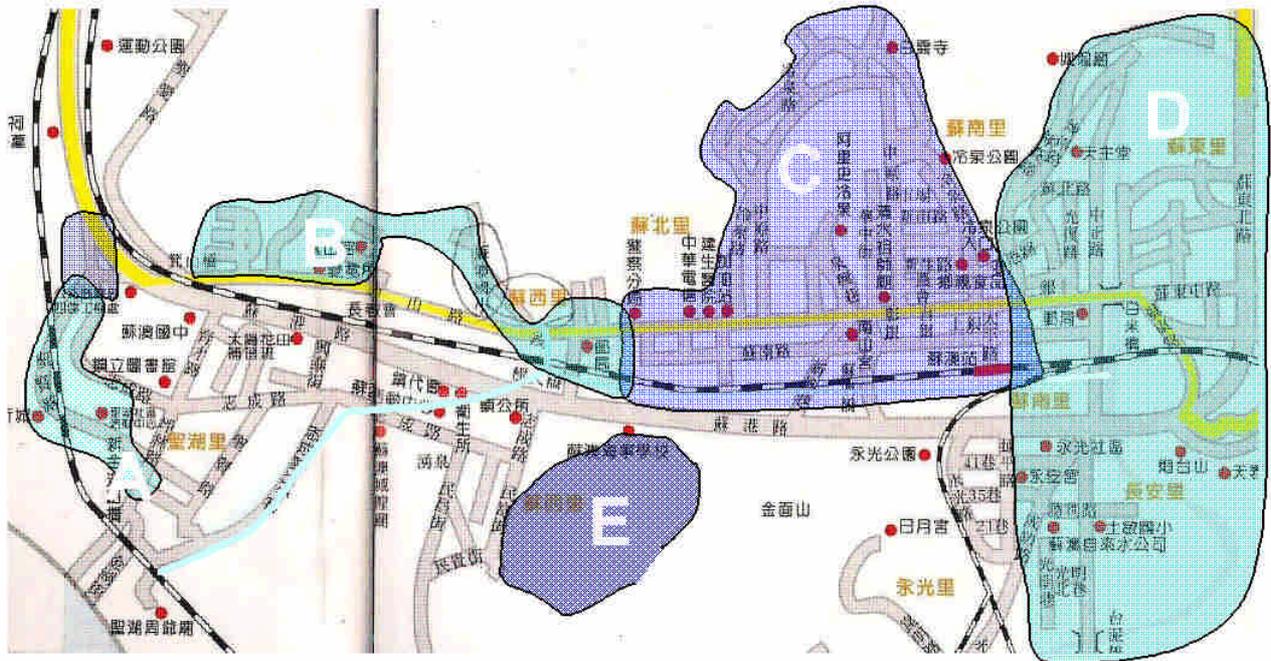
(二) 調查水災時淹水的區域和高度

- 我們請班上同學提供家裡淹水的高度。
- 為避免資料不完全，我們還去蘇澳鎮的一些店家做調查。
- 我們得到下列的淹水紀錄表【表 2】

提供者	區	位置	淹水高度 cm
店員	A	全家超商上面	178
同學 1	A	全家超商旁邊	300
同學 2	A	第四工程處旁	65
同學 3	A	幸福新城斜坡處	30
同學 4	A	坪林路	50
同學 5	A	志成路	35
同學 6	B	講話咖啡旁斜坡下去	155
同學 7	B	變電所	83
學校提供	B	國小後側停車場	57.5
老闆	B	紅豆餅店	10
7-11 店員	B	7-11 和平交道附近	45
同學 8	C	四寶帝	330
同學 9	C	加油站	300
同學 10	C	蘇澳街上-薰之書房	310
老闆	C	菜市場水果攤	300
同學 11	C	新生路	250
老闆	C	冷泉豆花店	150-160
店員	C	火車站 7-11	150
同學 12	D	白米橋附近	170
同學 13	D	天主堂	164
店員	D	八方雲集	50
蘇澳海事提供	E	蘇澳海事	300-400

發現與討論

- 各區淹水最深的地點是 A 區的全家超商旁邊淹水 300cm，B 區的講話咖啡旁斜坡下去 155cm，C 區的四寶帝 330cm，D 區的白米橋附近 170cm，E 區的蘇澳海事 300-400cm；淹水深度順序是 E>C>A>D>B。
- 由【表 2】我們做了一個淹水分布圖【圖 7】，如下：



淹水達 1-50cm 淡藍色 51-200cm 淺綠藍色 201-300cm 青色 301cm 以上深藍色

其中 BCDE 四個區的淹水範圍很廣，A 區只有在全家超商淹水達 300cm 很嚴重，其他地方是局部淹水而已。

3. 在河流方面，我們發現湧泉溪只有靠近 B 區有淹水，中游段的阿里史溪整條沿著鐵路都淹水，下游段的白米溪整條河沿岸都淹水了，尤其是白米橋附近淹水高達 170cm。

四、探究發生淹水的原因

(一) 探究坡地災情的因素

我們從網路收集資料和說明圖，來探究坡地災情導致淹水的因素：

1. 土石流：

(1) 起因：由於山崩、地滑、與落石讓山坡堆積大量的碎屑物。這些碎屑物堆積在山坡上，若加上豪雨所帶來的雨量，流水宣洩不良，水加上土、石混合，會往低處衝而形成土石流。這些土石流重下來後，將導致低處土石淤積。

(2) 蘇澳水災當天的土石流警戒：

10 月 21 日上午 11 時的土石流黃色警戒區資料--

地區名稱	黃色警戒區河流條數	地區(括號內是此區警戒的河流條數)
蘇澳鎮	18	永春里 (2)、永樂里 (5) 長安里 (1)、南建里 (1)、朝陽里 (4)、聖湖里 (4)、蘇北里 (1)

四小時後~下午 2 時的土石流紅色警戒區資料--

地區名稱	紅色警戒區河流條數	地區
蘇澳鎮	4	永樂里 (1)、長安里 (1)、聖湖里 (1)、蘇北里 (1)

又過三小時~下午 5 時的土石流紅色警戒區資料--

地區名稱	紅色警戒區條數	地區
		永春里 (2)、永樂里 (5) 長安里 (1)、南建里 (1)、

蘇澳鎮	16	朝陽里 (2)、聖湖里 (4)、蘇北里 (1)
-----	----	-------------------------

統計：

◎18 條 (黃色警戒) $\xrightarrow{\text{四小時後}}$ 4 條 (紅色警戒) $\xrightarrow{\text{三小時後}}$ 16 條 (紅色警戒)

2. 山崩：

(1) 形成原因：

- (A) 岩層破碎，斷層、節理發達的岩層，容易發生山崩。
- (B) 坡度越大，及經常地震引起土石鬆動的地點，容易山崩。
- (C) 坡頂上的建築或堆積，會加重坡頂負荷，增大下滑力。
- (D) 人為開發，導致坡面土石裸露，加速風化侵蝕。
- (E) 遇到雨水產生潤滑作用，減少摩擦阻力，會造成滑動，因為土石泥沙很多，會造成更嚴重的土石淤積。

(2) 水災時發生山崩的地點：白雲寺

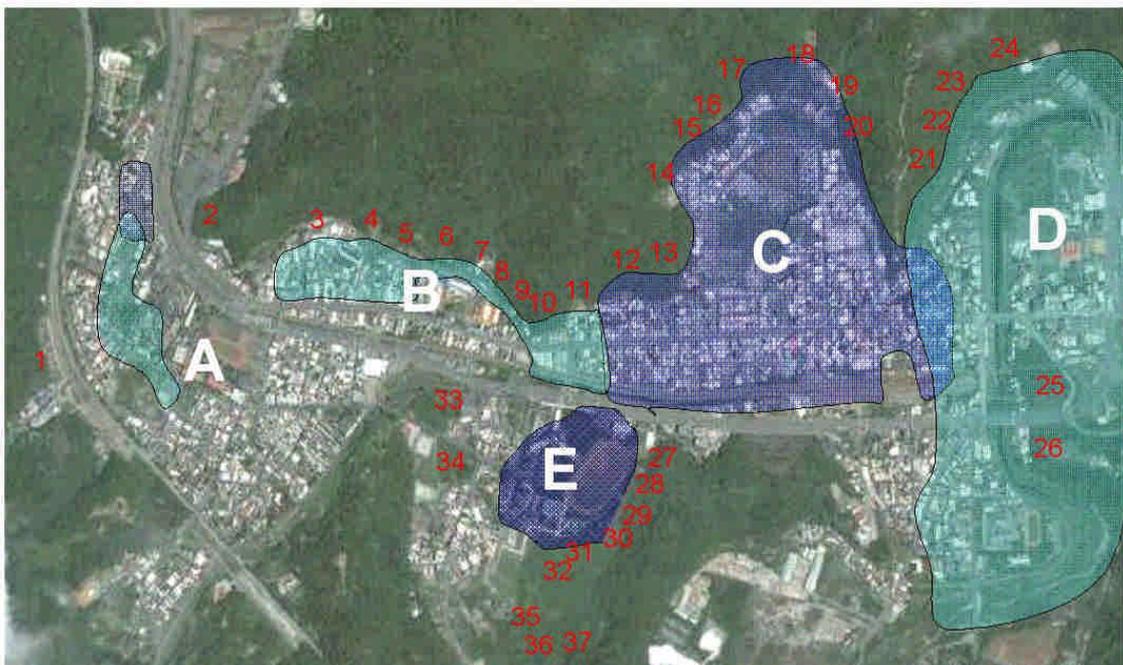
中山路學校旁



山崩圖【圖 8】

發現與討論

1. 我們發現因為這些土石流及山崩，發生後有很多的土石流下來四處淤積，有一些還有樹枝樹幹和垃圾衝刷下來，一定會塞住河流和水溝，讓水排不出去。所以淹水才會很嚴重，甚至白雲寺被土石埋住，人們沒辦法及時逃生而死亡。
2. 我們拿前面調查的土石流和淹水的地點比較，發現接近淹水地區都有土石流，沒有土石流的地方幾乎沒有淹水，土石流的淤積可能會影響淹水的區域。



土石流和淹水圖【圖 9】(1-37 為土石流【圖 6】編號)

3. 由土石流警戒資料可以看出這些地區都是人口稠密之處，發佈警報時間過短，人員來不及撤離，因此發生憾事，造成很大的災害，二十一日十一時水災當時，農委會只將蘇北里和聖湖里列土石流「黃色警戒」，下午五點才大範圍強制撤離的「紅色警戒」（下午兩點是部分地區），但那時慘事已發生。

(二) 調查雨量的因素

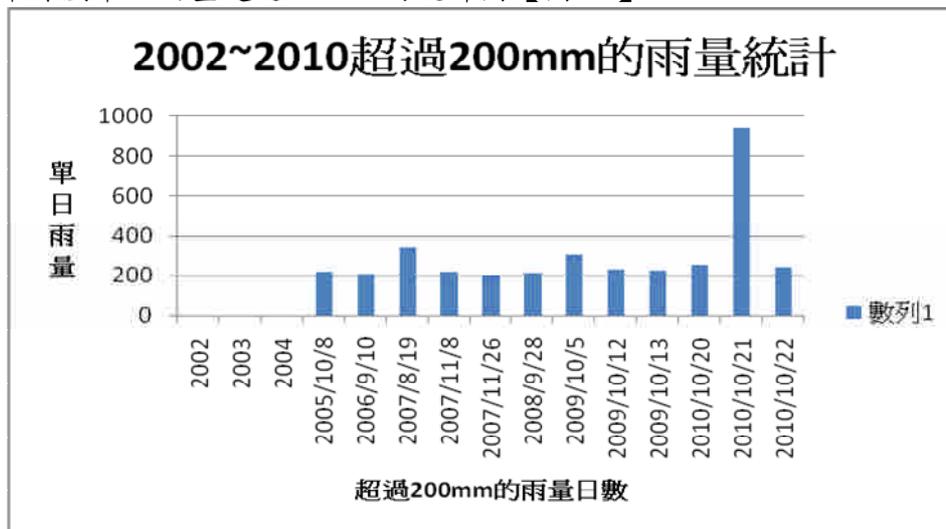
根據新聞上氣象相關的資料顯示：

- 梅姬颱風造成重大災難，主要因為 10 月 21 日下午的大量降雨
 - 10 月 21 日下午 1 時到 2 時的「時雨量」達 181.5 mm(瞬間雨量)。
 - 宜蘭縣蘇澳地區大雨，降下的雨量猶如水庫洩洪，9 時到 13 時連續 4 個小時下了 558 毫米。
 - 21 日一天就下了 939mm(累積雨量)
 - 大雨傾盆又遇到漲潮，當天氣象局預估當日低潮時間為上午 11 時，滿潮時間為下午 3 時 39 分，滿潮期間河水難以宣洩，造成慘重災情。
 - 宜蘭市及宜蘭縣冬山鄉、蘇澳鎮、五結鄉、三星鄉、壯圍鄉、大同鄉、羅東鎮、南澳鄉等九個鄉鎮市淹水警示都達一級警戒。

2. 21 日到 23 日累積雨量排名【表 3】

	縣市	地區	雨量 (mm)
第一名	宜蘭縣	蘇澳	1195
第二名	台北市	士林擎天崗	736
第三名	台北縣	泰平	675
第四名	屏東縣	牡丹池山	455
第五名	基隆市	五堵	366

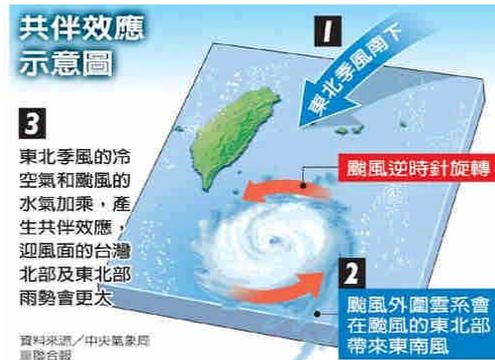
3. 我們從中央氣象局氣候資料那裡統計單日雨量較多的日子，畫出以下圖形：
歷年蘇澳單日雨量超過 200mm 的統計圖【圖 10】



4. 雨量和共伴效應：

共伴效應是指颱風的旋轉方向剛好與要往南吹的東北季風同個方向，就會形成共伴效應。如果同時雨量過大，就有可能造成淹水。當雨量和共伴效應出現，會發生的影響還有：

- (1) 颱風海水風浪大，溪水排出海比較慢。
- (2) 累積雨量超過河溪排出海負荷。
- (3) 雨量過大使抽水馬達超過其負荷無法全部排洩出去。



共伴效應【圖 11】

發現與討論

1. 從【表 3】可以看出：蘇澳雨量最高，比第二名的高出 1/3 以上。
2. 從【圖 10】可以發現雨量有逐年增加的傾向，2002-2004 年未曾出現，2005、2006、2008 只出現一次，2007 有 3 次，2009 和 2010 年連續兩年皆高達 3 次，且都集中在 10 月份。
3. 除了這次梅姬颱風之外，去年 2009 年宜蘭也受到共伴效應的影響，米勒、芭瑪的颱風環流藤原效應與東北季風的共伴效應引發的豪雨，証實蘇澳的畚箕地形口被封住，畚箕內的水排不出去，因此淹了大水，原因之一就是共伴效應造成的。
4. 目前的氣象報告只預報「風颱風」，不管「雨颱風」，無法預防極端氣候最常見的強降雨成災。

五、分析蘇澳淹水時的天氣狀況

(一) 比較歷年淹水時的天氣狀況

1. 我們為了探討梅姬颱風所造成的災害是否有先例，所以我們做了一個造成蘇澳受創較重的颱風比較表【表 4】：

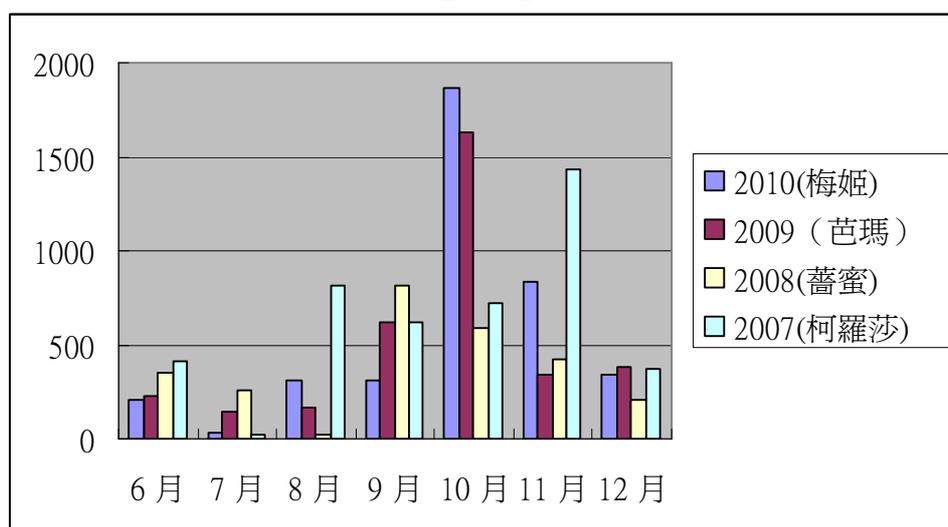
名稱 詳細資料	柯羅莎	蕃蜜	米勒、芭瑪	梅姬
侵(近)台日期	2007/10/6	2008/9/28	2009/10/5	2010/10/21
最大強度	強烈	強烈	中度	中度
雨量(最大降雨日mm)	155.9	214.5	308.7	939.5
前一天雨量(mm)	38	41.5	53.8	250
蘇澳淹水狀況	無	無	有	有

2. 以下是 2007~2010 年颱風月(6~12 月)的總雨量統計表【表 5】和長條圖【圖 12】：

項目	10月6日柯羅莎	9月28日薔蜜	10月5日芭瑪	10月21日梅姬
6 月	416.6	348.4	230.4	208.4
7 月	24.6	256.7	139.8	31.4
8 月	817.8	24.7	160.6	310.8
9 月	618.1	815.9	618.4	311.9
10 月	720.4	590.3	1632.5	1861.2
11 月	1434.9	418.1	336.2	830.5
12 月	366.4	206.5	381.3	341.0
備註	2007年	2008年	2009年	2010年

颱風要來的那個月雨量

【表 5】



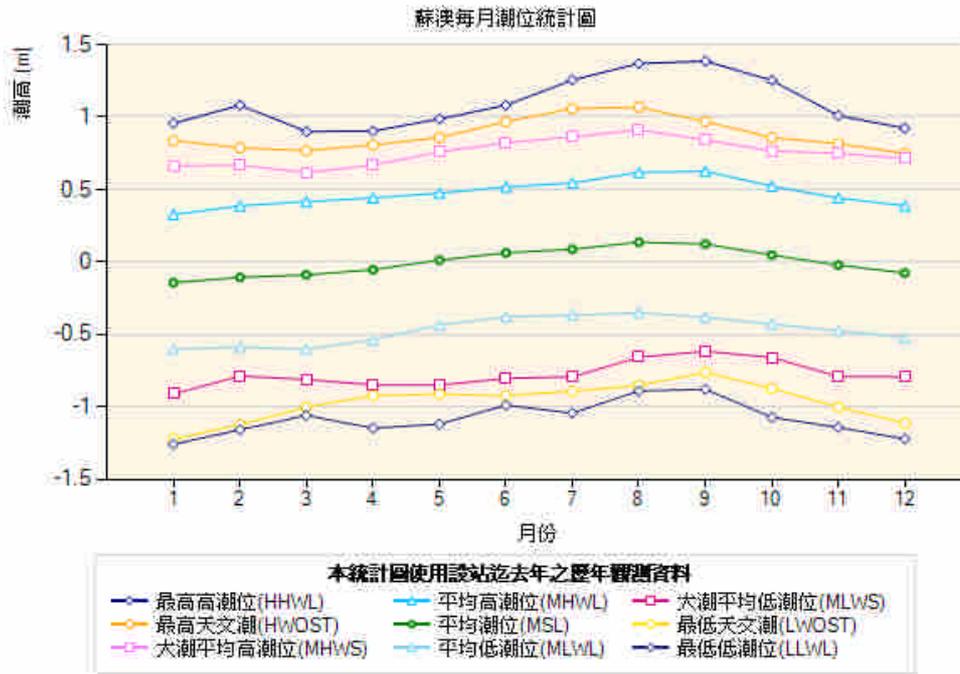
【圖 12】

發現與討論

- 從【表 4】可以看出
 - 颱風時只有單日雨量超過 250 毫米時，才有可能淹水，例如芭瑪和梅姬颱風。
 - 四個侵襲蘇澳的颱風，其中 2007 年的柯羅莎颱風和 2008 年的薔蜜颱風影響蘇澳的都是只有風造成的災情；但 2009 年的芭瑪颱風和 2010 年的梅姬颱風影響蘇澳的都是雨量。風颱風的沒有淹水，雨颱風才淹水。
- 從【表 5】和【圖 12】可以看出：
 - 雨量較多的颱風都是在 9、10 月形成。
 - 每一年較多雨量的月份都是 9、10、11 月。

(二) 調查淹水時的潮汐狀況

下面的統計圖是從中央氣象局的海象統計找出來的，圖內顯示每月潮位的狀況【圖 13】：



發現與討論

前面發現容易形成颱風的 9.10 月和較多雨量的 9.10.11 月，其中 9.10 月的相對潮位是比較高的，較高的潮位又遇上漲潮會導致過多的雨量無法由河流排出大海，證實颱風時的潮位高低會影響淹水情形。

六、製作蘇澳模型模擬降雨

為了要模擬蘇澳淹水的情形，我們決定製作蘇澳模型及模擬當天的雨量來實際操作。

(一) 做出蘇澳的模型

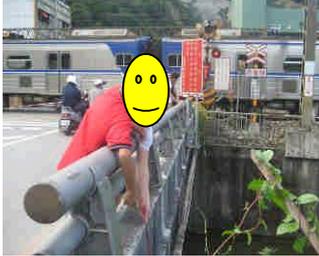
1. 模型材料的決定方法與步驟：

		
<p>我們在校園內尋找要做實驗所需要的泥沙。</p>	<p>我們在挖做模型所要用的泥土。</p>	<p>我們在學校的施工地裡挖不夠的泥土。</p>
		
<p>我們請教藝文老師各種材質，討論一些優缺點，藝文老師提供了油土和陶土讓我們試一試他們的可塑性。</p>		<p>我們試著用學校泥土製作山，感受土壤的可塑性。</p>

模型材料圖【圖 14】

討論結果：我們決定用油土做出蘇澳市區及聖湖等地勢較低的平地、用學校的土做出山的樣子。(山採用土壤的材質以利觀察土石流之情形，其他材質為油土具有防水效果)

2. 模型大小的決定方法與步驟：

		
<p>我們從電腦列印出蘇澳地形圖【圖 2-2】。</p>	<p>這是我們利用電腦在做地圖的時候，我們將分割的圖接起來。</p>	<p>測量盆子並比對地圖與盆子的大小有沒有符合。</p>
		
<p>我們在用彩色筆標示出地形的高低起伏。</p>	<p>我們剪下 20m、40m 和丘陵的地形地圖。</p>	<p>我們標示出溪流。</p>
		
<p>我們測量比例尺，計算縮小比例。</p>	<p>我們用繩子綁住重物，來測量湧泉溪的深度。</p>	<p>測量白米溪上游的深度。</p>
		
<p>測量白米溪下游的深度</p>	<p>我們用繩子在阿里史溪量它的深度</p>	<p>我們在路旁用捲尺量繩子長度</p>

模型大小決定圖【圖 15】

討論結果：我們得到下列的測量數據—

- (1) 模型縮小比例： $8.9\text{cm}/500\text{m}=1/5620$ 【取到十位】
- (2) 模型底面積 $58 \times 33 = 1914$ (平方 cm)
- (3) 溪流深度：湧泉溪 315cm、白米溪上游 398cm、白米溪下游 346.5cm、阿里史溪 407cm。

3. 模型尺寸的換算：因為考量到縮小後尺寸很小很難做，所以在最高山不超出盆子高度下，都加成 2.4 倍。

模型高度=實際高度×比例尺×2.4（四捨五入取至mm）

	實際高度	模型高度
平原（油土）	20m	0.9cm
	40m	1.7cm
丘陵 （泥土）	80m	3.4cm
	100m	4.3cm
	140m	6.0cm
	160m	6.8cm
	180m	7.6cm
	200m	8.5cm
	240m	10.3cm
	260m	11.3cm
	360m	15.4cm
	420m	17.9cm
溪流深度	湧泉溪 315cm	0.1cm
	阿里史溪 407cm	0.2cm
	白米溪下游 346.5cm	0.1cm
	白米溪上游 398cm	0.2cm

模型尺寸換算表【表 6】

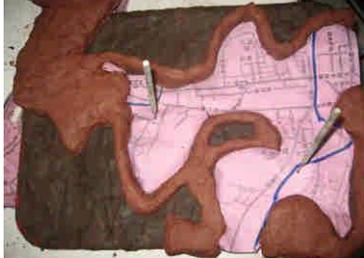
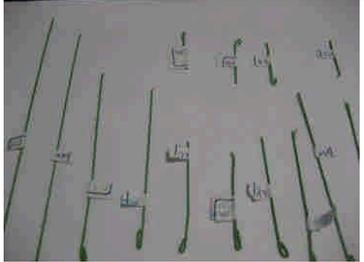
4. 找出各區海拔高度：我們從 Google 地球裡，調查海拔高度的資料（2004 年 8 月），每區先取 3-5 個最低數，平均後，換算成由上往下挖的深度，再計算模型深度。

模型深度 = (20 - 海拔高度) × 比例尺 × 2.4

	該區海拔高度最低點及數值	平均 m	實際深度 m	模型深度 cm
A 聖湖	全家超商周圍 15、16、17、18	16.5	3.5	0.1
B 學校	鐵路平交道 10、11、12	11	9	0.4
C 冷泉	四寶帝 5、6、7、8	6.5	13.5	0.6
D 白米溪	天主堂附近 5、6、7、8	6.5	13.5	0.6
E 蘇澳海事	操場 6、7、8、9	7.5	12.5	0.5
主要道路 蘇港路	蘇海門口至太平洋百貨 9、10、11	10	10	0.4
主要道路 中山路	加油站 7、8、9	8	12	0.5
鐵路	接近火車站 8、9、10	9	11	0.5

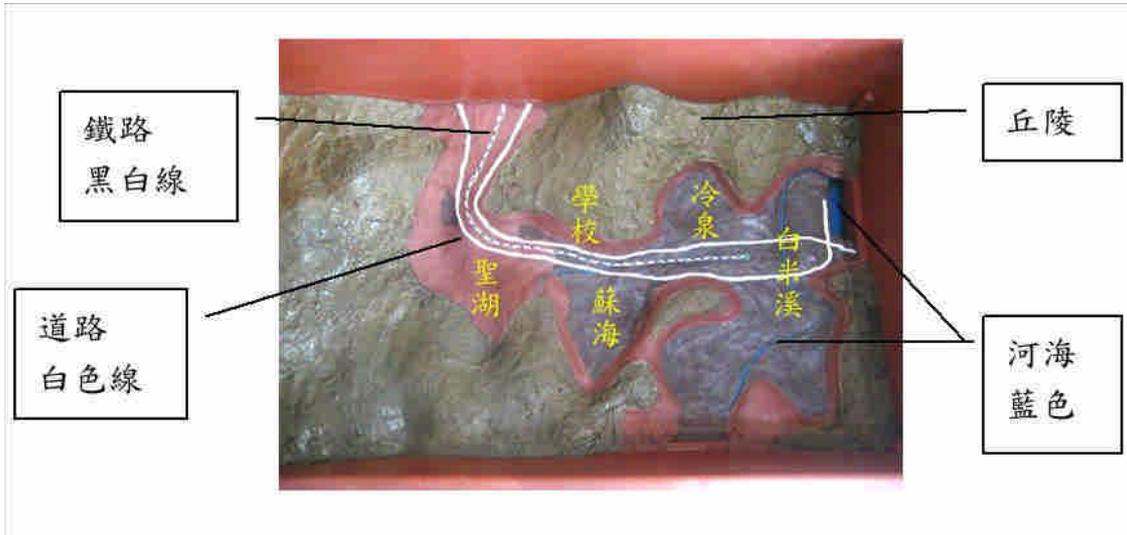
海拔高度【表 7】

5. 模型製作的方法和步驟：

		
<p>我們先將油土用烘被機加熱吹軟，再用油土將淺盤子鋪滿。</p>	<p>我們將淺盤子鋪滿後將油土高度盡量推平均。</p>	<p>把上次剪下來的地圖放在油土上用工具刀固定位置後把0-20m的範圍描出來。</p>
		
<p>我們用另外一種顏色的油土在20-40m的範圍圖上做出【表6】的高度出來</p>	<p>將圖上做好的20-40m模型高度貼在0-20m模型外圍，貼好後做成斜的。</p>	<p>利用【表7】點出海拔高度的最低位置，挖出各區的最低的深度</p>
		
<p>做出主要道路中山路和蘇港路，做出鐵路和河流。</p>	<p>我們算出【表6】縮小比例，用鐵絲做出山的高度。</p>	<p>用學校拿來的泥土參考地形圖【圖3】上的高度做出周圍的山</p>

模型製作圖【圖16】

製作結果：我們總算依照設定的條件做出模型



模型圖【圖17】

(二) 找出最接近當時雨量的條件

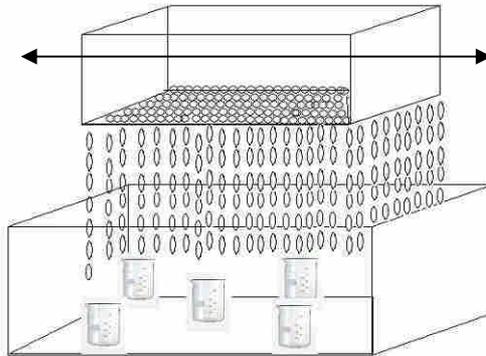
1. 製造雨量的方法選擇

- (1) 方法一：一開始我們三個人就決定要用有網洞的籃子，來製造雨。我們從尋找現成的籃子試，有人說要選擇洞較密集的才好。先把水倒在小盆子，再倒到籃子裡，倒的時候需要一直慢慢搖，前後一下左右一下輪流方式搖，想要讓水量平均。



結果：我們一開始用五個小杯子放在模型盆的固定位置是看看平不平均，我們試了很多次，有幾次好像可以，有幾次用目測就知道差異很大，有人還硬說可以，但有人說不平均，老師也說不行。我想這個方法可能行不通，因為盆子和籃子的大小差異太大水不能平均降下。

- (2) 方法二：後來老師建議找大一點的籃子，用博士膜膠帶貼住籃子，再用尖頭錐子刺洞來試試看。因為一直在爭論膠帶貼在上面還是貼下面比較好，所以我們決定實際操作測量來比較。我們預先在盆子內固定位置放五個燒杯，每次在澆花器裝 300cc 的水，再以順時鐘的方向倒入籃子，倒完後，測量燒杯內的水量來做比較。



結果：我們得到下列數據，我們將每一次最大和最小數據相減，最後再算出平均值，我們發現將膠膜貼在上面比貼在下面所做出的結果好。

膠膜貼在上面【表 8】

位置	1	2	3	4	5	大小差異
1	1.79	2.5	1.88	2.71	0.37	2.34
2	1.42	2.28	3.34	2.21	0.24	3.1
3	2.79	3.06	1.94	2.33	0.44	2.35
4	2.06	-0.63	-0.31	3.87	7.19	7.19

5	2.21	0.54	0.45	3.14	1.81	2.69
6	2.22	1.52	0.44	1.57	2.31	1.87
7	1.44	0.86	1.22	5.69	0.32	5.37
8	2.37	0.21	0.7	3.94	0.43	3.73
9	2.33	0.52	3.18	3.12	1.31	2.66
平均						3.47

單位 cc

膠膜貼在下面【表 9】

位置	1	2	3	4	5	大小差異
1	3.78	1.26	1.91	3.05	1.01	2.77
2	0.89	3.18	0.84	6.68	1.48	5.84
3	3.67	4.64	0.45	5.74	0.37	5.37
4	4.37	-0.27	0.79	3.01	4.18	4.64
5	2.09	2.27	0.12	0.79	6.2	6.08
6	1.82	8.82	1.08	1.26	3.86	7.74
7	4.71	1.66	3.09	0.1	1.71	4.6
8	5.37	1.76	1.92	2.53	3.61	3.61
9	5.32	-0.04	1.85	5.59	7.55	7.59
平均						5.36

單位 cc

- (3) 方法三：因為方法二做出的 3.47cc 的差異還是有點大，所以我們改用雙層膠膜在上的籃子試試看，作法同方法二。
結果：得到下列的數據，結果並不理想，原本想說這樣會不會更平均，結果十分不好。【表 10】

位置	1	2	3	4	5	大小差異
1	1.39	0.48	1.37	5.6	1.04	5.12
2	0.5	3.67	3.33	5.67	0.94	5.17
3	2.32	0.81	4.03	1.25	1.78	3.22
4	1.93	2.13	4.33	1.75	0.62	3.71
5	2.32	0.83	1.85	5.49	0.59	4.9
6	1.25	0.58	0.53	2.77	0.75	2.24
7	0.81	0.98	7.63	3.42	0.37	7.26
8	1.18	1.15	2.83	4.92	0.46	4.46
9	3.93	1.08	3.37	3.76	0.94	2.99
平均						4.34

單位 cc

- (4) 方法四：我們想找更平均的方法，老師建議我們用氣球試試看，能不能讓它瞬間爆破而平均流出，我們使用 ab 兩種方式。
1. 水全部裝在一顆大汽球裡，用針刺破。
 2. 將水分裝在小氣球，排在籃子裏，用壓的壓破。



結果：

- a. 只有裝少量水時，汽球破掉時，水從一個洞慢慢流出。裝很多水時，水會瞬間爆破和噴出。
- b. 因為我們用力壓，不管多用力，還是無法同時將水球弄破，又想不出方法同時刺破。

在做降雨時我們不可能很用力去壓，模擬的降雨量很少，也無法有爆破平均的效果，所以這個方法失敗。

(5) 方法五：我們想模仿汽球把水固定住，又不用打破它，就是冰塊。我們分別把冰塊、碎冰和刨冰平鋪在設計好的平台上，等待冰塊融化，一邊輕敲台子，。



結果：我們發現冰塊太大時，因為每次冰塊只能用很少，不容易平均每個地方都鋪，用刨冰時又太細很難鋪，似乎是中等的碎冰較容易平均鋪平。得到以下的數據，平均差異是 2.68cc，所以我們選擇用方法五。【表 11】

位置	1	2	3	4	5	大小差異
1	2.42	1.26	1.65	1.71	1.82	1.16
2	4.53	1.17	0.74	3.5	1.52	3.79
3	5.78	1.29	1.18	3.07	1.85	4.6
4	2.75	1.17	1.96	2.84	1.75	1.67
5	0.23	1.13	1.52	4.39	1.81	4.16
6	1.12	1.93	0.9	2.3	2.08	1.4
7	0.62	1.2	0.96	0.96	1.57	0.95
8	1.37	4.42	0.24	0.69	1.27	4.18
9	2.34	0.42	0.12	0.42	0.56	2.22
	平均					2.68

單位 cc

2. 模型降雨量的計算

模型降雨量=實際降雨量×比例尺×2.4×底面積

所以以 939.5mm 來計算，模型的降雨量為 77cc。

3. 模擬降雨：

我們以方法五的方式將 77cc 的水降雨降在模型上，測量每一區得到的最高淹水高度，每人操作三次，得到下列的數據：

位置	A	B	C	D	E	大小順序
1	0.3	0.2	0.6	0.4	0.5	C>E>D>A>B
2	0.2	0.1	0.5	0.4	0.6	E>C>D>A>B
3	0.2	0.3	0.4	0.1	0.4	E=C>B>A>D
4	0.3	0.4	0.5	0.2	0.5	E=C>B>A>D

調整模型



5	0.3	0.2	0.4	0.3	0.6	E>C>D=A>B
6	0.4	0.3	0.6	0.4	0.7	E>C>D>A>B
7	0.5	0.2	0.6	0.4	0.8	E>C>A>D>B
8	0.4	0.2	0.6	0.3	0.7	E>C>A>D>B
9	0.4	0.3	0.6	0.4	0.7	E>C>A=D>B

單位 cm

模擬降雨【表 12】

4. 操作過程中，我們依照數據，調整模型，墊高不該淹水地方，最後三次我們得到和實際淹水情況相近的高低順序。

發現與討論

1. 在【表 12】中，我們發現數值雖然愈來愈大，但是大小順序卻和淹水當時 E>C>A>D>B 的順序差不多。所以我們覺得，我們做的模型誤差很小，是一個很適合的模型。
2. 我們在每次，

伍、結論

- 一、蘇澳地形影響淹水：從這次水災的災情和我們研究地形的結果顯示，因為蘇澳中心位置較低，導致一旦下雨，就會形成平地部分區域的淹水；雨下在周圍的丘陵上，流入相對低窪的中心位置，又加重了平地區域的雨水負擔，蘇澳確實是一個極易淹水的地方。【圖 3】【表 1】
- 二、地勢高低影響淹水：
 1. 淹水情形嚴重，研究範圍內 1/2 的區域淹水，淹水深度順序是 E>C>A>D>B，E 區蘇澳海事水深最達 400cm。蘇澳海事的土石流和淹水災情最為嚴重，其次是 C 區的冷泉，區內白雲寺發生嚴重山崩，造成人員傷亡。A 區聖湖只有局部淹水，應該和這個地方地勢較高，大部分在 20-40m 有關。
 2. 在河流方面，我們發現中游段的阿里史溪和下游段的白米溪整條都淹水了，而湧泉溪只有靠近 B 區有淹水，應該和這條河大部分都在地勢較高的聖湖區有關。【表 2】【圖 7】
- 三、土石流和山崩加重淹水：由實查蘇澳的淹水和土石流的資料顯示，土石流共有 37 處，數量多寡 E>C(B)>D>A；其中 E 區蘇澳海事的土石流痕跡最多。蘇澳緊鄰大大小小的山，水災時發生廣泛而大規模的土石流及山崩，這些土石沖下來後，淤積在民宅、路口、河川和排水溝裡，堵塞排水系統，加重淹水程度。
- 四、過多雨量導致淹水：淹水當天，蘇澳雨量高達 939.5 毫米，比第二名的高出 1/3 以上。資料顯示蘇澳單日的雨量和驟雨發生的機率逐年增加，可以確定雨量過多是導致淹水的主因。【表 3】及【圖 10】
- 五、雨颱風容易淹水：從研究資料顯示颱風時單日雨量超過 250 毫米時，才有可能淹水，風颱風沒有淹水，雨颱風才淹水，9.10.11 月是容易出現多雨量的颱風季節。【表 4】【表 5】【圖 12】
- 六、共伴效應的共伴效果：東北季風和颱風所帶來的共伴效應，引發的強降雨帶來豐富的水氣，證實蘇澳的畚箕地形口被封住，畚箕內水排不出淹了大水。
- 七、潮位高容易淹水：由研究資料顯示，9、10 月潮汐相對較高，較高的潮位又遇上漲潮時會導致水量增多和排水不易這樣的狀況。【圖 13】
- 八、在模型的製做上，用油土做出地勢較低的平地，用一般的土做出丘陵，模型縮小比例 1/5620，是我們認為較好的模型條件。
- 九、我們的研究結論是：天然環境地形無法選擇，天然氣候雨量無法決定，我們提供的警訊是--9、10 月東北季風盛行時，潮位相對較高，在雨颱風形成的前後，一旦當日累積雨量超過 250mm，且集中在滿潮時期，容易造成淹水，大家要格外小心。

陸、參考資料

蘇澳鎮公所（2010年11月19日）地理環境、行政區塊，取自

<http://www.suao.gov.tw/releaseRedirect.do?unitID=183&pageID=3051>

台灣 Google（2011年3月3日）Google 地圖資料，取自 <http://maps.google.com.tw/maps>

中央氣象局（2010年11月29日）統計資料、共伴效應、歷史颱風查詢，

<http://www.cwb.gov.tw/V6/index.htm>

蘇澳鎮（2010年11月25日）維基百科，取自

[http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%98%87%E6%BE%B3%E9%8E%AE_\(%E5%8F%B0%E7%81%A3\)](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%98%87%E6%BE%B3%E9%8E%AE_(%E5%8F%B0%E7%81%A3))

Richard Wu（2010年10月23日）共伴效應梅姬擺尾宜蘭一日雨量破表：

取自 http://getvmaster.blogspot.com/2010/10/blog-post_324.html

什麼是順向坡？（2010年4月27日）華視新聞網。取自：

<http://news.cts.com.tw/cts/society/201004/201004270459588.html>

林騰煌（2006）。蘇澳之美。宜蘭縣：蘇澳鎮公所出版。

吳輝龍（2009）。小熊種樹。南投市：行政院農委會水土保持局。

【評語】 080514

優點：

1. 能針對家鄉的水災，探究發生的原因，探討相關因素，充滿對鄉土的關懷。
2. 能製作家鄉的模型，模擬淹水的情況，製作相當用心。

缺點：

1. 對原因的推論，除了現象的觀察，欠缺更多證據驗證推論的正確性。
2. 模型的設計製作未考慮所有因素，以致無法完全與觀察結合。